

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НИУ «БелГУ»)**

ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ, ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН И МЕТОДИК
ПРЕПОДАВАНИЯ

**ВЛИЯНИЕ ВЫДЕЛЕНИЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ НА ПРОРАСТАНИЕ
СЕМЯН И РОСТ КОРНЕЙ ГОРОХА ПОСЕВНОГО (*PISUM SATIVUM*
L.), ФАСОЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.),
ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое
образование профили биология и химия
очной формы обучения, группы 02041307
Баженовой Анжелики Сергеевны

Научный руководитель
к.с.-х.н., доцент
Скорбач В.В.

БЕЛГОРОД 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	6
1.1 Явление аллелопатии в жизни растений.....	6
1.2 Типы контактных взаимоотношений между растениями	8
1.3 Химическая природа растительных выделений	10
1.4 Фитонциды – как проявление аллелопатии	13
1.5 Ботанико-экологическая характеристика зерновых бобовых культур.....	16
1.5.1 Морфо-биологическое описание и применение гороха посевного (<i>Pisum sativum</i> L.).....	17
1.5.2 Морфо-биологическое описание и применение фасоли обыкновенной (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	19
1.5.3 Морфо-биологическое описание и применение пшеницы мягкой (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	20
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	26
3.1 Влияние выделений листьев растений на прорастание семян и рост корней	26
3.2 Анализ полученных результатов	33
ВЫВОДЫ	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	37
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Химическое взаимодействие растений посредством особых органических выделений получило название аллелопатия [9]. Данный термин в 1937 году ввел венский физиолог Ганс Молиш. Впоследствии, благодаря работам Элроя Райса, Андрея Михайловича Гродзинского, Геннадия Федоровича Наумова и других ученых возникла отдельная область физиологии растений – аллелопатия.

Доказано, что аллелопатическая активность большинства культурных растений довольно высока. В ходе роста и развития через корневую систему они выделяют в почву биологические ингибиторы, способные значительно угнетать рост и развитие последующих в севообороте растений [7]. Аллелопатическая активность растений обусловлена не одним каким-то специфическим для данного вида соединением, а совокупностью веществ различной природы [11]. В растительных выделениях присутствуют разнообразные физиологически активные вещества – витамины, фитонциды, антибиотики, ферменты. В состав корневых выделений входят минеральные и органические вещества. В выделениях корней содержится много органических веществ, которые состоят из щавелевой, янтарной, пировиноградной, яблочной и других кислот [19].

Достаточно подробно разработана классификация аллелопатически активных веществ, известны механизмы их действия. Отмечена важная роль микроорганизмов, синтезирующих вторичное аллелопатически активное вещество. Только в СССР по вопросам аллелопатии было проведено шесть всесоюзных конференций. Наряду с этим, большое количество выделяемых веществ остаются не обнаруженными, поэтому иногда довольно трудно разделить прямое действие вещества от косвенного. Также, остается мало известным количество выделяемых растениями веществ, сложно оценить их выделение во времени. Информация, которая имеет большую практическую

значимость, практически не внедряется в производство. Работ по изучению аллелопатических влияний адвентивной флоры мало, поэтому данная тема является актуальной. При выполнении исследований была получена информация, которая имеет практическое применение.

Цель исследования - установить влияние, оказываемое выделениями листьев различных видов растений на прорастание семян и рост корней зернобобовых культур.

Объект исследования: семена гороха посевного (*Pisum sativum* L.), фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).

Предмет исследования: влияние выделений листьев алоэ древовидного (*Aloe arborescens* M.) и пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* W.) на прорастание семян и рост корней.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования были решены следующие **задачи**:

1. Рассмотреть ботанико-экологическую характеристику гороха посевного (*Pisum sativum* L.), фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).
2. Сформировать представление об аллелопатическом влиянии растений друг на друга.
3. Опытным путём определить влияние, оказываемое выделениями листьев различных видов растений на прорастание семян и рост корней гороха посевного (*Pisum sativum* L.), фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).

В работе были использованы такие **методы**, как:

1. Построение теоретических моделей взаимных влияний растений с последующей проверкой в эксперименте.
2. Метод межвидовых сопряженностей между растениями.

3. Экспериментальное регулирование взаимодействий между растениями в искусственных посевах.

4. Статистическая обработка с помощью критерия Стьюдента.

Структура и объем работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, результатов исследований и их обсуждения, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 42 страницах печатного текста, включает 6 таблиц и 11 рисунков. Список литературы состоит из 40 наименования: 36 отечественных и 4 иностранных источников.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Явление аллелопатии в жизни растений

Большинство растений образует в своем окружении определенную биохимическую среду, благоприятствующую для одних, но в тоже время вредную для других видов. Первоначально аллелопатию понимали только как вредное взаимовлияние, и многие авторы до сих пор разделяют это убеждение, но в работах советских исследователей давно отмечен сложный характер взаимодействия, которое может быть односторонним или обоюдным, положительным или отрицательным и вообще изменяться в течение вегетации [31].

В целом аллелопатия выступает как довольно сложное экологическое явление, имеющее различную природу и осуществляемое посредством различных путей. Выделения высших растений А Гродзинский (1973) делил на активные и пассивные, а отмершие растительные ткани относил к посмертным.

Под активными выделениями растений подразумеваются те вещества, которые синтезируются в их организме и выделяются в окружающую среду в результате обменных процессов в виде гуттации, паров эфирных масел, кутикулярных экскретов, корневых экзометаболитов; к пассивным – вещества, вымываемые из листьев, соцветий и других надземных органов, а также вещества, образующиеся в результате механических и патологических повреждений и именуемые в литературе фитонцидами [28]. Аллелопатическая активность растений обусловлена не одним, каким-то специфическим для данного вида соединением, а совокупностью веществ разной природы [17].

Среди аллелопатически активных соединений отмечены вещества вторичного происхождения (терпеноиды, стероиды, органические кислоты,

фенольные соединения, кумарины, витамины, фитонциды), вещества, образующиеся в процессе метаболизма, гидролиза, автолиза растительного в микробного происхождения (белки, аминокислоты, полипептиды, нуклеотиды), продукт минерализации и гумификации (жирные кислоты, нафтохиноны, сложные хиноны, коричная кислота и ее производные) [26].

Отмечают важную роль микроорганизмов, синтезирующих вторичное аллелопатически активное вещество [6].

Вторичные соединения имеют ряд общих черт, несмотря на различия в химическом элементном составе и структуре [13]:

1. Обладают определенной физиологической функцией (активирующей, ингибирующей, защитной, привлекающей, отталкивающей, инсектицидной).
2. Относятся к низкомолекулярным органическим соединениям.
3. Имеют несколько изоформ, как и фитогормоны.
4. Концентрация постоянно варьирует в онтогенезе организма.
5. Если организм подвергается неблагоприятному воздействию факторов среды, у вторичных соединений концентрация возрастает.
6. Среди высших растений их нахождение приурочено в основном к определенным органам (листья, цветки, корни, зародышевые почки).
7. Ингибирующий (активирующий) эффект вторичного метаболита на другой организм зависит от его концентрации и длительности воздействия в месте контакта.
8. Обладают малой подвижностью в пределах организма - продуцента вторичного соединения.

Самыми распространенными фенольными соединениями в аллелопатии являются производные коричной и бензойной кислот, кумарины, танины и другие полифенольные комплексы и некоторые флавоноиды [37].

1.2 Типы контактных взаимоотношения между растениями

Формы взаимодействий между растениями В.Н. Сукачев (1956) предложил разделить на 3 большие группы:

1. Контактные взаимодействия - возникающие при полном контакте растений, при их соприкосновении, срастании или даже при проникновении одного растения в тело другого. В основе этого может лежать паразитизм и полупаразитизм, срастание корней, влияние лиан, охлестывание ветвями или же давление корневищ и корней при их разрастании;

2. Трансабиотические взаимоотношения - возникающие в следствие изменения растениями условий существования сообитателей (конкуренция, выделение растениями в окружающую их среду различных веществ, а также изменение растением условий окружающей его среды);

3. Трансбиотические взаимоотношения - возникающие в результате косвенного влияния одного организма на другое через изменение условий существования третьего организма [21].

Формы взаимоотношений между компонентами растительных сообществ разнообразны и проявляются как в косвенном, так и в прямом воздействии [29].

В растительных ценозах одной из форм взаимодействия растений является аллелопатия — круговорот физиологически активных веществ, которые играют роль регулятора внешних и внутренних взаимоотношений, обновления, развития и смены растительного покрова в биогеоценозе [9].

Выделяют различия между отношениями организмов и средой обитания, между особями разных видов и между особями одного вида.

Взаимодействовать организмы друг с другом могут постоянно, в течение всей жизни, или же кратковременно, либо непосредственно соприкасаясь друг с другом, либо оказывая влияние на другой организм через среду обитания.

В фитоценозе между растениями достаточно часто встречаются антибиотические отношения, конкуренция и антагонистические взаимоотношения. Антибиоз – отношения между растениями, которые относятся к разным видам, и при которых один из видов причиняет вред другому [21].

Конкуренция – форма отношений, когда между растениями одного или нескольких видов происходит борьба за место, минеральные ресурсы или за какие-то другие условия существования.

Антагонистические отношения – все те отношения, при которых растения одного или разных видов испытывают угнетение друг от друга [32]. Согласно данным, на озимую пшеницу воздействует угнетающе другая озимая культура – рожь. Овес способен ингибировать горох и люпин. Люпин и нут могут угнетающе действовать на картофель. Фасоль, имеет прямое аллелопатическое воздействие на яровую пшеницу, которая влияет таким образом на горчицу, лен и анис.

Но следует отметить, что аллелопатическое влияние может иметь не только отрицательный, но и положительный эффект, так как в растительных и микробных выделениях обнаружены почти все известные в химии органические соединения. Характер влияния их в достаточной мере зависит от концентрации выделений [15].

Наиболее благоприятными вариантами взаимоотношений можно назвать между яровой пшеницей и нутом, фасолью и суданкой, подсолнечником, помидорами, картофелем, бахчевыми культурами; горохом и картофелем [40].

1.3 Химическая природа растительных выделений

Аллелопатия – форма взаимоотношений между растениями, в которых ведущую роль играют специфически действующие продукты обмена веществ

[3]. К таким явлениям относится влияние растений друг на друга через вырабатываемые ими выделения.

Растения, взаимодействуя между собой, захватывают друг у друга воду, пищу, свет, но и в данном случае химические выделения создают для одних видов преимущества над другими. Питательные вещества и вода, которые растения поглощают корнями из почвы, всегда связаны с корневыми выделениями соседних растений. Такие выделения способны ускорять или замедлять физиологические процессы [38].

Вещества, выделяемые надземными и подземными органами живых растений и органические соединения, которые образуются в процессе разложения мертвых растительных остатков и оказывают влияние на другие растения называются колинами [25].

С физиологической точки зрения, вещества, выделяемые корнями, вместе с выделением их через надземные органы, представляют одно из звеньев общего обмена веществ, свойственного всем живым организмам, так как усвоение и поглощение ими веществ не могут происходить без выделения различных продуктов во внешнюю среду [13].

Самое главное в явлениях аллелопатии то, что её эффект зависит от химического соединения, выделяемого в среду аллелопатическим агентом. По мнению Э. Райса, в этом и есть важное её отличие от конкуренции, при которой происходит полное или частичное исключение из среды некоторого фактора, нужного для другого растения на том же местообитании [26].

Аллелопатические эффекты наглядно выражаются в экспериментах замкнутых искусственных систем – чашках Петри, под стеклянными колпаками, в вегетационных сосудах с использованием концентрированных вытяжек из растений или смывов с них. Однако в природных фитоценозах аллелопатические влияния исключительной роли не играют, потому что там нет условий для запасаания действующих веществ. Это объясняется тем, что многие из них являются летучими соединениями, а их концентрация

постоянно понижается водой, ветром, микроорганизмами. Вдобавок, в природе почти нереально разграничить конкурентные отношения и аллелопатию между растительными организмами [32].

К тому же, в научной литературе есть много данных о том, что между корнями растений также возможны аллелопатические взаимоотношения. Это приводит к тому, что корни растений разных видов в объеме почвы распределяются равномерно и практически не прикасаются друг к другу. При этом понимается, что роль сигнала «занято» создают выделяемые из корней в почву органические кислоты, но, в то же время, выделяют данные о том, что данную роль выполняют электрические сигналы. По своей природе химические вещества, поступающие в почву в виде корневых выделений и из отмирающих тканей, достаточно разнообразны. Отдельное место занимают фенольные соединения, которые создают в корнеобитаемой среде аллелопатический потенциал [30].

Когда в почву попадают химически активные вещества, они подвергаются адсорбции, трансформации и транспорту, которые и обуславливают общий фитотоксичный уровень почвы [34].

Низкий уровень примеси растений сорного происхождения благотворно влияет на общий аллелопатический и биологический режим почвы, ускоряя развитие микрофлоры и почвенной фауны и улучшая разложение растительных остатков [9].

Большинство ученых пытались найти объяснение аллелопатическим эффектам почвоутомления, то есть резкого снижения количества урожая при долгом возращивании на почве одной и той же культуры. Но в последствие было установлено, что кроме увеличения в почве наличия токсически вредных веществ, все же почвоутомление в большинстве случаев вызывается накоплением в почве количества патогенных микроорганизмов, а также потери почвенного плодородия благодаря извлечению одной культурой одинаковых веществ, разрушением структуры почвы и многое другое [23].

Выделяемые растениями вещества накапливаются в окружающем пространстве и создают «фитогенное поле» [13].

Оказалось, что аллелопатическое начало состоит не из одного какого-либо определенного соединения, а представляет собой сложную смесь активных веществ, взаимно или односторонне усиливающих или ослабляющих действия одного или другого [35].

Химические выделения растений могут быть одним из способов взаимодействия в сообществе между растениями, оказывая на организмы либо тормозящее, либо стимулирующее воздействие (см. рисунок 1) [8].

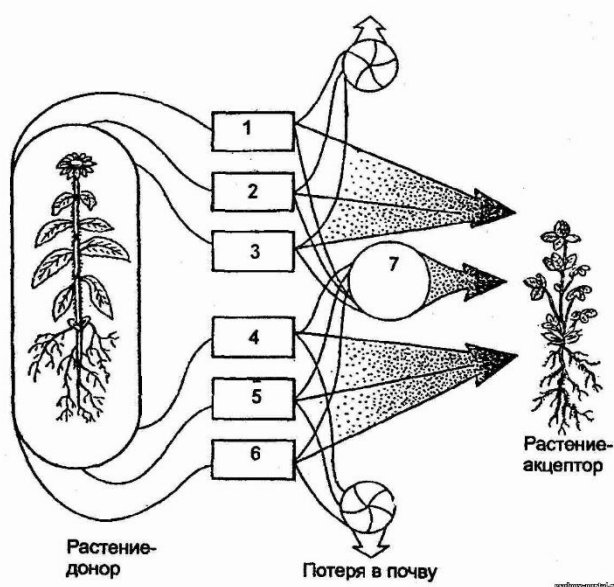


Рисунок 1.1 – Влияние одного растения на другое (по А. М.

Гродзинскому, 1965): 1 - миазмины; 2 - фитонцидные вещества; 3 - фитогенные вещества; 4 - активные прижизненные выделения; 5 - пассивные прижизненные выделения; 6 - посмертные выделения; 7 - переработка гетеротрофными организмами

Установлено, что выделения соплодий свеклы, замедляют рост и развитие семян куколя. Нут тормозяще воздействует на картофель, кукурузу, подсолнечник, томаты и другие культуры, фасоль - на рост яровой пшеницы. Корневые выделения пырея и костреца - на растущие вблизи с ними другие травянистые растения и даже деревья [21].

Как крайнюю форму аллелопатии или недостижимость существования того или иного вида при наличии другого в результате отравления среды, называют аменсализмом. Например, благодаря выделению корнями токсических веществ ястребянка из семейства сложноцветных вытесняет другие однолетние растения и нередко образует огромные заросли на довольно больших площадях. Аменсализм широко распространен в водной среде [16].

1.4 Фитонциды – как проявление аллелопатии

По Грюммеру (1957) различают 3 группы веществ, ответственных за аллелопатию растений:

- Марамины — выделяются микроорганизмами и служат для подавления жизнедеятельности высших растений;
- Фитонциды — выделяются высшими растениями, служат для подавления жизнедеятельности микроорганизмов;
- Колины — выделяются высшими растениями, служат для подавления жизнедеятельности других высших растений [10].

Фитонциды являются разновидностью химически активных выделений растений, а также служат защитными веществами растений. Они могут быть безучастными для соседствующих пород, взаимно благоприятными, или же вредоносными [25].

Одной лишь русской лабораторией были обнаружены более 500 видов растений, у которых фитонциды летучего происхождения обладают протистоцидными свойствами. Данные свойства характерны и для деревьев, и трав, и кустарников. Из протистоцидных растений выделяют кормовые и ядовитые для животных, съедобные для человека и сорняки — обитатели Крыма, Кавказа, Индии и сибирской Тайги, Алтайских гор и болот

Ленинградской области [28].

Белая акация, берёза бородавчатая, ясень обыкновенный, вяз и осина оказывают достаточно вредоносное действие на рост дуба выделениями корней, а липа и клён наоборот благоприятствуют его росту. Также вредны дубу выделения листвы осины и ясени. Берёза бородавчатая отрицательно влияет на рост сосны; лиственница и сосна положительно воздействуют друг на друга.

Прорастая, семена пшеницы, ржи, ячменя и других злаковых культур обычно не заболевают, не подвергаются действию бактерий, которых в почве находится огромное количество. Учёные объясняют это тем, что зерно, набухая, выделяет в окружающую среду активные вещества, придающие воде желтоватую окраску. На сегодняшний день эти вещества изучены, они оказались так называемыми флавоновыми глюкозидами, которые обладают свойствами убивать разнообразные микроорганизмы, в том числе и вредные бактерии для злаковых растений. Таким образом, при прорастании злаковые растения выделяют в почву вещества с бактерицидным действием, а также летучие вещества, убивающие микробов [28]. Осуществляется выделение этих веществ, по-видимому, через нарушение нормального клеточного метаболизма, а не через повреждения органелл [36].

Многочисленные исследования показывают, что физиологически активные вещества можно заметить в выделениях каждого растения. Эти вещества довольно разнообразны по качеству, плюс ко всему, у одного растения их может быть больше, у другого - меньше. Таким образом, любое растение в течение своей жизни формирует вокруг себя химическую защиту. Вещества, которые выделяют деревья, притягивают определенные виды растений, которые находят себе защиту под их сенью. Для других подобные выделения - сильнейший яд, и они просто не могут расти в этом месте. Многим знаком, например, запах соснового бора, дубового леса, луга, степи. Было замечено, что летучие и водорастворимые органические вещества,

выделяемые растениями леса, вредят произрастанию степных растений. В свою очередь древесные растения из-за веществ, выделяемых степными растениями, или же из-за засухи, не в состоянии проникнуть глубоко в степь [12].

В молодых растениях летучие вещества оказывают большее подавляющее действие, чем выделения старых растений. При посадке леса и при уходе за ним лесоводы рассматривают биохимическое взаимовлияние растительных пород [33].

Среди древесных пород, применяемых для озеленения в городских условиях наиболее большими фитонцидными свойствами обладают: черёмуха обыкновенная, можжевельник обыкновенный, грецкий орех, тополь бальзамический, тополь берлинский, сосна крымская, сосна обыкновенная, берёза бородавчатая, рябина обыкновенная.

Известно, что среди декоративных растений, используемых для составления букетов тюльпаны и нарциссы, гвоздики и розы в одном букете выделяют фитонциды, губительно действующие друг на друга.

1.5 Ботанико-экологическая характеристика зерновых бобовых культур

Зерновые бобовые культуры, к которым относятся горох, бобы, фасоль, и ряд других, вместе с зерновыми и овощными культурами образуют пищевой растительный фундамент человека. Большое содержание белков, углеводов, минеральных веществ и витаминов в их семенах обуславливают хорошие вкусовые качества и возможность длительного хранения, что делает их незаменимым компонентом нашего рациона [5].

Семена зерновых бобовых культур из-за богатого химического состава имеют большое промышленно-сырьевое значение. Зерна перемалывают в

крупы, муку, изготавливают различные кондитерские изделия, пищевые и кормовые добавки. Из зерна гороха и незрелых плодов, спаржевой фасоли готовят вкусные и питательные консервы. Масла из зерна широко используются для производства высококачественного маргарина.

Из зоотехнической литературы известно, что для полноценного кормления животных в одной кормовой единице содержание перевариваемого протеина должно составлять около 110 — 120 г. В зёрнах зернобобовых культур содержится 174 — 276 г перевариваемого протеина на 1 кормовую единицу в зеленой массе 160 — 205 г. Именно поэтому они имеют огромное значение в сбалансировании кормовых рационов по белку согласно зоотехническим нормам. По статистическим данным, за счет зернобобовых потребности животноводства в протеине удовлетворяются на 70 — 75 % [22].

Для корма скоту применяют измельченное или размолотое зерно в чистом виде, а также в составе комбикормов, сено, сенаж, зеленую массу, соевые шроты, жмых, а также солому и полову зернобобовых культур.

Зернобобовые играют главную роль в улучшении плодородия почв, особенно бедных дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почв. Они отличаются ценной способностью связывать свободный азот воздуха с помощью клубеньковых бактерий и обогащают почву азотными соединениями. Установлено, что на 1 Га площади после выращивания зернобобовых растений остается до 50 — 100 кг/га азота и значительное количество органических веществ, особенно много последних остается в почве, когда зернобобовые растения, в основном люпин, выращивают на зеленое удобрение как сидеральные культуры [23].

Зернобобовые растения улучшают структуру почвы, обогащают пахотный слой на фосфор, калий, кальций, улучшают его химические свойства. Благодаря этому они являются одним из лучших предшественников в севообороте для зерновых и технических культур [20].

1.5.1 Морфо-биологическое описание и применение гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

Горох посевной (*Pisum sativum* L.):

- Класс Покрытосеменные, или Цветковые (*Angiospermae*, или *Magnoliopsida*)
- Подкласс Розиды (*Rosidae*)
- Порядок Бобовоцветные (*Fabales*)
- Семейство Бобовые (*Fabaceae*)
- Род Горох (*Pisum* L.)
- Вид Горох посевной (*Pisum sativum* L.) [4].

Возделывают и обрабатывают горох как кормовое и продовольственное растение. Гороховую муку смешивают с мукой из зерна хлебных злаков и пекут хлеб. Овощные сорта гороха и зеленый горошек используют в консервной промышленности. Семена, зеленая масса и солома – высококачественный корм для животных. Горох отличается достаточно широким ареалом возделывания (около 60 стран мира).

Ботанический род гороха *Pisum* L. насчитывает несколько видов, из которых наибольшее распространение получили два: *P. sativum* L. – горох посевной и *P. arvense* L. – горох полевой. Горох – однолетнее или зимующее растение, которое имеет хорошо развитый, стержневой корень. Стебель угловатый, лежащий, длиной от 20 до 250 см. У штамбовых форм утолщен в верхней части и не полегает.

Листья парноперистые, состоят из 1-3 пар обратнойцевидных листочков, заканчивающихся усиками. Цветки одиночные или парные, у штамбовых форм до 4 на цветоносе. Плод – прямой или саблевидный боб с 3-10 семенами. Масса 1000 семян до 250 г.

Горох – в большинстве своём скороспелая зерновая бобовая культура. Период вегетации колеблется в пределах 65-140 дней. Самоопыление

происходит в фазе закрытого цветка, но в годы с жарким и сухим летом бывает открытое цветение, и возможно перекрестное опыление. Фаза цветения может продолжаться примерно 10-40 дней. Вегетативный рост интенсивнее протекает в период от бутонизации до цветения. В период плодообразования происходит прирост зеленой массы [14].

Горох – довольно светлюбивая культура, при недостаточном количестве света наблюдается довольно сильное угнетение растений. Лучшей почвой для его возделывания являются чернозём, среднесвязанные суглинки и супеси с нейтральной кислотностью.

Чувствительность гороха к минеральным удобрениям довольно высокая, действие удобрений зависит от физических и химических свойств почвы, её влажности, способов и доз внесения удобрений. В течение всего вегетационного периода происходит поступление питательных веществ из почвы в растения [1].

1.5.2 Морфо-биологическое описание и применение фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)

Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.):

- Класс Двудольные или Магнолиописиды (*Dicotyledones*, или *Magnoliopsida*)
- Подкласс Розиды (*Rosidae*)
- Порядок Бобовоцветные (*Fabales*)
- Семейство Бобовые (*Fabaceae*)
- Род Фасоль (*Phaseolus* L.)
- Вид Фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) [4].

Фасоль – однолетнее травянистое растение. Имеет стержневой корень с клубеньками, образованными азотусваивающими бактериями. Корневая

система хорошо развита, проникает на глубину до 1 м. Стебель травянистый, длина у кустовых форм достигает 25-40 см, у полувьющихся – до 1,5 м, а у вьющихся – 2-5 м. Листья парноперистые, размеры их различны; контуры листовой пластинки чаще имеют яйцевидную форму. Цветки крупные, мотыльковые, белые, зеленовато-белые, розовые, кремовые, темно-розовые, фиолетовые. Они распускаются рано утром и цветут примерно 2-3 дня. Фасоль – самоопылитель. Опыление проходит еще в бутоне за 4-5 ч до его распускания [27].

Плод – боб, прямой или изогнутой формы, плоский или цилиндрический. В бобе содержится от 2 до 10 семян. Семена крупные, почковидные, разнообразной окраски. Существует связь между окраской цветков и семян. Чернотемные формы, как правило, имеют фиолетовые цветки, краснотемные – розовые или коричнево-желтые, белотемные – белые. По массе 1000 семян семена фасоли подразделяют на мелкие – масса до 200 г, средние около 200-300 г, и крупные – более 300 г.

Вегетационный период составляет примерно 75-130 дней. От сорта, погодных условий и географической широты местности зависит длина вегетационного периода фасоли обыкновенной. Чем выше температура в данной местности у одного и того же сорта, тем короче вегетационный период [39].

1.5.3 Морфо-биологическое описание и применение пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.)

Пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.):

- Класс Покрывотемные, или Цветковые (*Angiospermae*, или *Magnoliopsida*)

- Подкласс Лилииды, или Однодольные (*Liliidae*, или *Monocotyledones*)
- Порядок Злакоцветные (*Poales*)
- Семейство Мятликовые, или Злаки (*Poaceae*, или *Gramineae*)
- Род пшеница (*Triticum* L.)
- Вид пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.) [4].

Пшеница – наиболее важная культура среди зерновых, дающая почти 30% мирового производства зерна, снабжающая продовольствием более половины населения земного шара. Её широкая популярность выражается разносторонним использованием ценного по качеству зерна. Оно идет на производство муки, из которой готовят хлеб и другие продукты питания [18].

Пшеница – однолетнее прямостоячее злаковое растение высотой от 0,3 до 1,2 м. Размножается семенами, которые прорастают 3-6 зародышевыми корнями, которые играют важную роль в жизнедеятельности растения. Вторичная корневая система начинает формироваться при появлении 4-5 листьев из подземного узла кущения. Она мочковатая, неширокая, корни иногда проникают на глубину около 1 м и больше. Боковые побеги появляются из узла кущения несколько раньше узловых корней. Всего образуется от 1 до 6 побегов.

Побег – полая соломина, разделенная узлами на междоузлия, длина которых возрастает вверх по стеблю. Междоузлия снизу плотно охвачены влагалищами листьев, которые сверху расходятся и переходят в линейные листовые пластинки шириной 1-2 см, длиной от 20 до 37 см. По окончании фазы кущения начинается интенсивный рост стеблей за счет последовательного удлинения междоузлий снизу вверх. В процессе стеблевания соцветие поднимается по стеблю и выходит из влагалища верхнего листа, растение вступает в фазу колошения. Колос длиной 5-10 см состоит из стержня, на каждом уступе которого сидит по колоску в 2 параллельных рядах, сверху он заканчивается колоском. Колоски состоят из

2 колосковых чешуй и нескольких цветков, каждый из которых заключен в 2 цветковые чешуи. У остистых колосьев наружная чешуя несет ость. Цветок состоит из завязи с семязпочкой, 2 перистых рылец и 3 тычинок. Цветение наступает вслед за колошением. Оно начинается с центра колоса, затем распространяется вверх и вниз. Цветение может быть закрытым или открытым. С наступлением цветения рост стебля увеличивается [1].

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследования нами использовались следующие материалы и оборудование:

1. Листья алоэ древовидного (*Aloe arborescens* М.) и пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* W.).
2. Семена гороха посевного (*Pisum sativum* L.), фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).
3. Дистиллированная вода.
4. Чашки Петри и другое лабораторное оборудование.
5. Фильтровальная бумага.
6. Пластелин.
7. Линейка.

Схема опыта:

Контроль – дистиллированная вода.

Вариант 1 – каша растёртых листьев алоэ древовидного.

Вариант 2 – каша растёртых листьев пеларгонии зональной.

Для повышенной точности и достоверности результатов опыта контроль и варианты имели по три повторности.

В опыте использовалось 3 культуры: горох посевной (*Pisum sativum* L.), фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) и пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.), а также листья алоэ древовидного (*Aloe arborescens* М.) и пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* W.).

В чашки Петри поместили увлажнённую фильтровальную бумагу, а по периферии – проросшие семена гороха и фасоли в количестве 10 шт, а также семена пшеницы в количестве 20 штук. Семена заранее были отобраны по размеру и весу. В центре чашки Петри из пластилина установили бортик, тщательно прикрепленный ко дну. В данный бортик поместили кашу растёртых листьев. В качестве контроля вместо кашицы из растёртых листьев

использовали дистиллированную воду. Накрывается лишь большая чашка Петри [2].

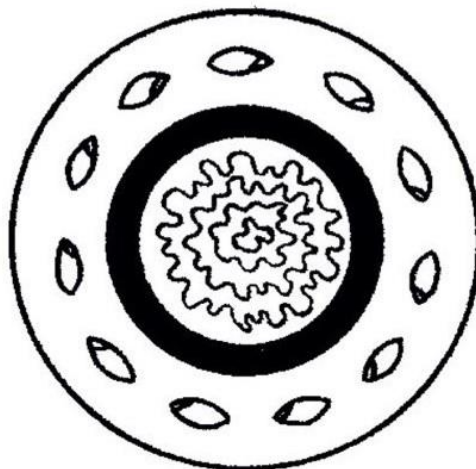


Рисунок 2.1 – Схема опыта по изучению действия летучих соединений растений на прорастание семян.

Чашки поставили в тёплое место ($t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Общее количество следующее:

3 варианта \times 3 повторности \times 3 культуры = 27 чашек Петри.

Регулярно следили за состоянием семян и при необходимости увлажняли фильтровальную бумагу.

Через неделю после начала опыта был проведён учет длины корешков у каждого семени.

Вычислили среднюю длину корешков, а также процент проросших семян.

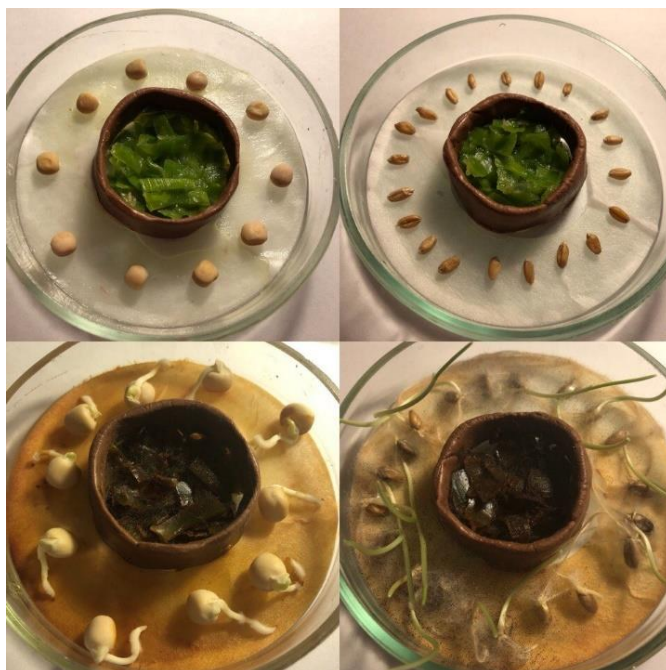


Рисунок 2.2 – Влияние алоэ древовидного (*Aloe arborescens* М.) на прорастание семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.)

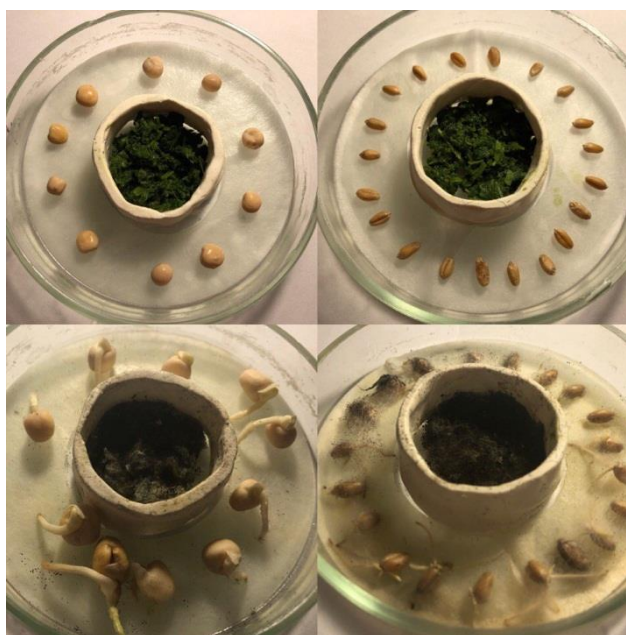


Рисунок 2.3 – Влияние пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* W.) на прорастание семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).



Рисунок 2.4 – Влияние пеларгонии зональной (*Pelargonium zonale* W.) на прорастание семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Влияние выделений листьев растений на прорастание семян и рост корней

Результаты исследований влияния выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на прорастание семян и рост корней гороха посевного (*Pisum sativum* L.) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Влияние выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на прорастание семян и рост корней гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

№	Длина корешков, мм		
	Контроль	Алоэ	Пеларгония
1.	25	20	16
2.	21	19	10
3.	18	16	12
4.	20	22	13
5.	17	17	17
6.	15	19	13
7.	20	17	7
8.	23	13	6
9.	20	22	11
10.	19	21	6
11.	20	21	9
12.	23	17	10
13.	18	0	0
14.	16	19	12
15.	19	25	6
16.	25	22	8
17.	21	18	0
18.	20	20	12
19.	18	19	11
20.	15	21	9
21.	25	19	10
22.	21	21	13
23.	20	20	6
24.	19	24	15
25.	20	22	0
26.	17	18	7

Продолжение таблицы 3.1

27.	23	20	10
28.	15	16	8
29.	21	21	16
30.	20	17	19

На рисунке 3.1 в виде диаграммы представлены данные средних показателей числа проросших семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.).

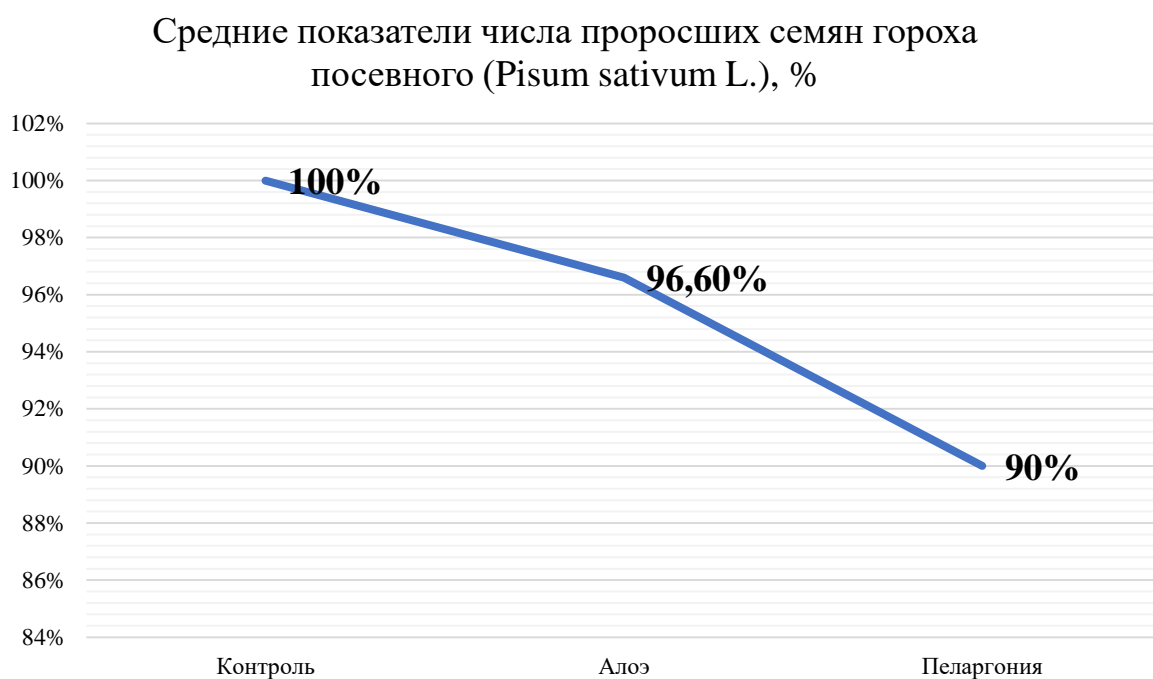


Рисунок 3.1 – Средние показатели числа проросших семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

На рисунке 3.2 в виде диаграммы представлены данные средних значений длины корешков семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.).

**Средние значения длины корешков у проросших
семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.), мм**

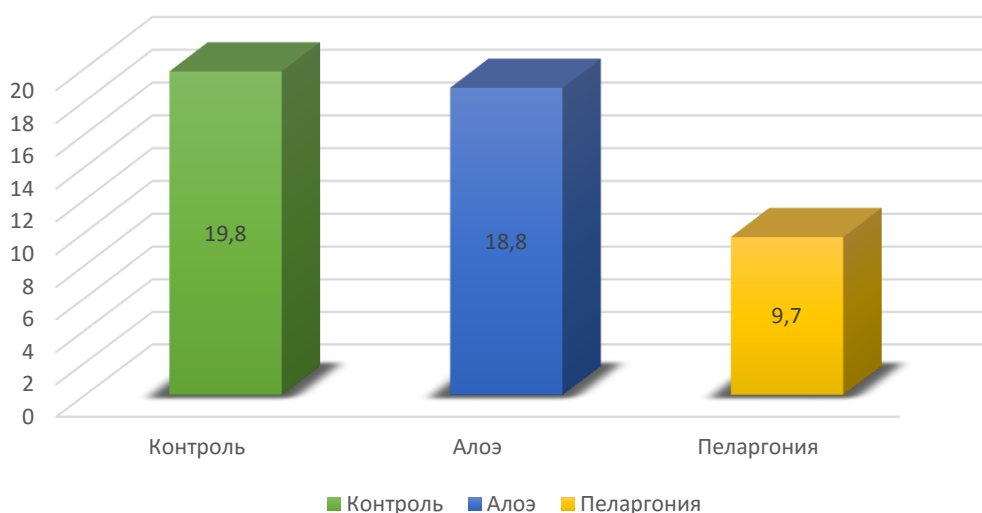


Рисунок 3.2 – Средние значения длины корешков у проросших семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.)

Результаты исследований влияния выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на прорастание семян и рост корней фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Влияние выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на прорастание семян и рост корней фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)

№	Длина корешков, мм		
	Контроль	Алоэ	Пеларгония
1.	55	39	80
2.	30	40	27
3.	61	40	0
4.	59	55	0
5.	64	40	14
6.	52	70	32
7.	47	39	28
8.	30	63	61
9.	41	50	40
10.	51	32	34
11.	45	59	38
12.	58	63	42

13.	55	65	0
-----	----	----	---

Продолжение таблицы 3.2

14.	60	72	40
15.	55	57	39
16.	71	81	45
17.	50	62	0
18.	62	0	0
19.	53	70	26
20.	55	73	35
21.	40	56	32
22.	47	49	0
23.	55	55	29
24.	63	55	0
25.	67	60	35
26.	58	48	40
27.	59	57	0
28.	47	69	0
29.	55	70	38
30.	62	63	27

На рисунке 3.3 в виде диаграммы представлены данные средних показателей числа проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

Средние показатели числа проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), %

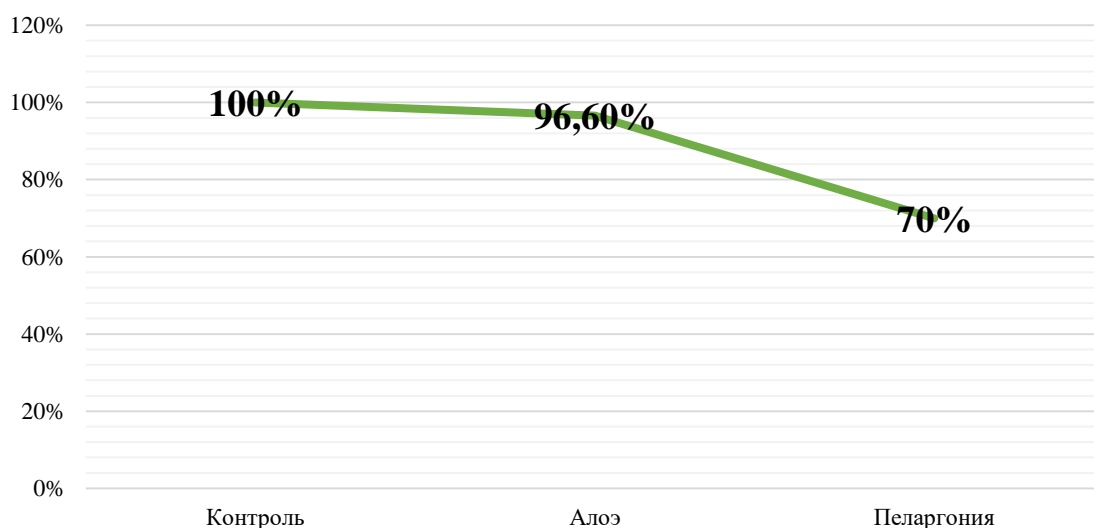


Рисунок 3.3 – Средние показатели числа проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)

На рисунке 3.4 в виде диаграммы представлены данные средних значений длины корешков семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

Средние значения длины корешков у проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.), мм

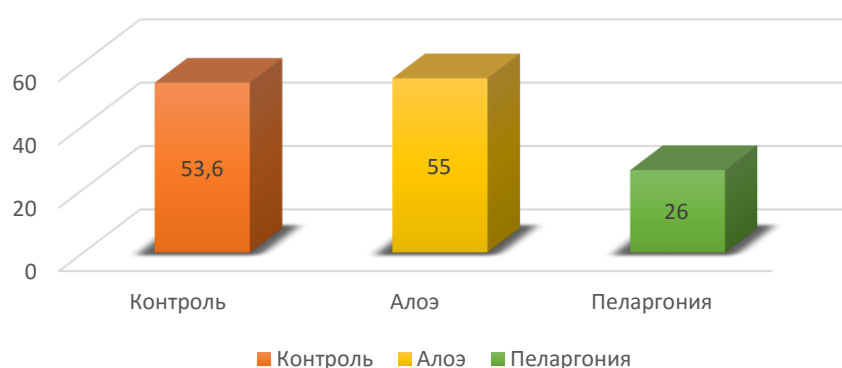


Рисунок 3.4 – Средние значения длины корешков у проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.)

Результаты исследований влияния выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на проращивание семян и рост корней пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Влияние выделений листьев алоэ древовидного и пеларгонии зональной на проращивание семян и рост корней пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.)

№	Длина корешков, мм		
	Контроль	Алоэ	Пеларгония
1.	53	41	10
2.	47	76	12
3.	28	35	8
4.	30	32	9
5.	19	42	11
6.	23	16	0
7.	25	34	6
8.	18	17	13

9.	32	44	2
10.	40	12	0
11.	19	34	4
12.	33	40	3
13.	29	52	3
14.	51	53	0
15.	15	47	4
16.	20	54	2

Продолжение таблицы 3.3

17.	37	72	0
18.	35	47	6
19.	30	40	3
20.	31	38	5
21.	21	38	7
22.	30	29	5
23.	17	41	0
24.	15	55	12
25.	18	53	10
26.	21	47	11
27.	23	56	0
28.	40	71	9
29.	33	55	7
30.	35	62	9
31.	19	35	5
32.	9	28	11
33.	15	40	3
34.	24	55	6
35.	31	38	0
36.	42	54	4
37.	29	32	5
38.	25	30	0
39.	17	32	10
40.	26	40	0
41.	42	39	5
42.	38	32	0
43.	20	19	0
44.	25	33	8
45.	21	45	12
46.	35	32	0
47.	27	0	9
48.	27	40	10
49.	40	61	8
50.	26	58	0
51.	38	55	5
52.	40	49	0
53.	25	72	7

54.	35	53	12
55.	32	48	4
56.	29	81	0
57.	36	38	5
58.	23	41	7
59.	31	50	0
60.	19	48	3

На рисунке 3.5 в виде диаграммы представлены данные средних показателей числа проросших семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).

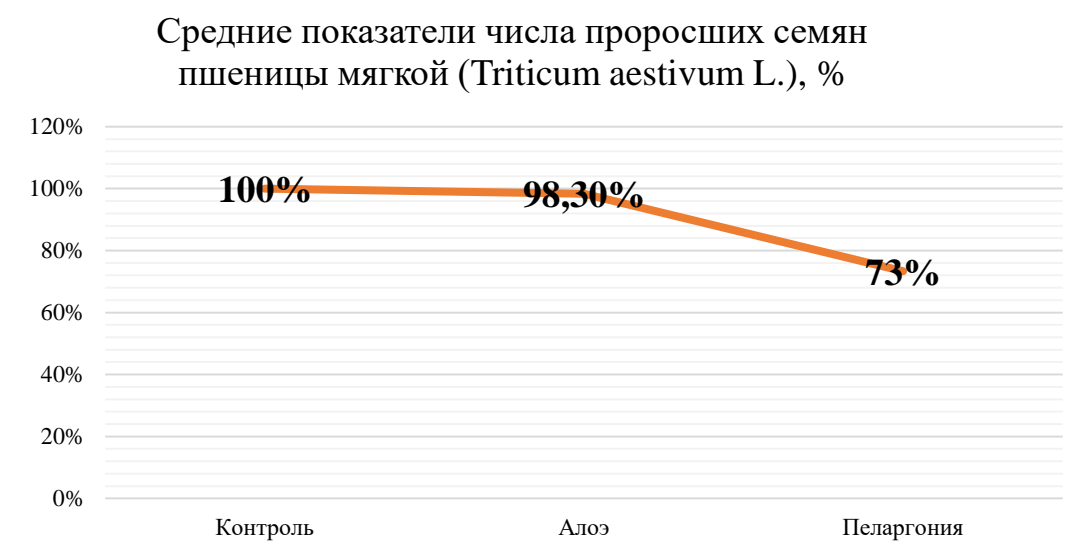


Рисунок 3.5 – Средние показатели числа проросших семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.)

На рисунке 3.6 в виде диаграммы представлены данные средних значений длины корешков семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.).

Средние значения длины корешков у проросших семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.), мм

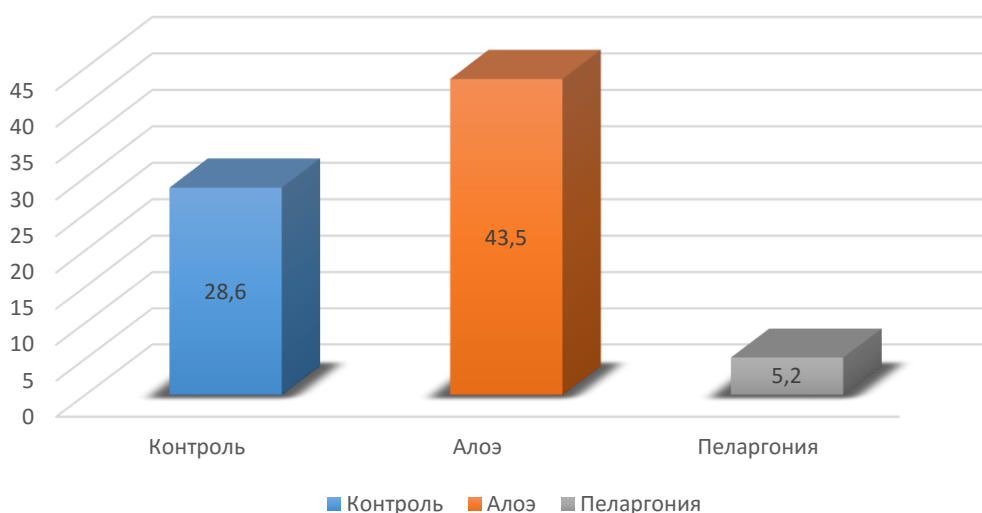


Рисунок 3.6 – Средние значения длины корешков у проросших семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.)

3.2. Анализ полученных результатов

Таблица 3.4 – Средние значения длины корешков у проросших семян гороха посевного

Вариант	Средняя длина корешков, мм	
	Средняя длина корешков, мм	± по сравнению с контролем
Контроль	19,8	—
Алоэ	18,8	-1
Пеларгония	9,7	-10,1

На основании полученных результатов (таблица 3.4) можно отметить, что фитонциды, выделяемые листьями пеларгонии зональной оказывают тормозящее действие на прорастание корней семян гороха посевного (*Pisum sativum* L.), т.к. средняя длина корешков в данном варианте составила 9,7 мм, что на 10,1 мм меньше контроля.

Среднее значение длины корней гороха посевного при воздействии выделений листьев алоэ древовидного незначительно отличается от контрольного варианта. Разница составила всего 1 мм, что говорит о нейтральном влиянии, обеспечивающим устойчивый и равномерный рост корней семян гороха посевного.

По степени уменьшения средних значений длины корней семян можно расположить в следующем порядке: Контроль > Алоэ древовидное > Пеларгония зональная.

Таблица 3.5 – Средние значения длины корешков у проросших семян фасоли обыкновенной

Вариант	Средняя длина корешков, мм	
	Средняя длина корешков, мм	± по сравнению с контролем
Контроль	53,6	–
Алоэ	55	+1,4
Пеларгония	26	-27,6

Как видно из таблицы 3.5, средняя длина корешков у проросших семян фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) при воздействии выделений листьев алоэ древовидного увеличивается на 1,4 мм по сравнению с контрольным вариантом, что указывает на положительное влияние в период прорастания и незначительное ускорение роста корней.

В варианте воздействия пеларгонии зональной установлено сильное угнетение прорастания семян. Разница в длине корешков составила 27,6 мм, что почти в 2 раза меньше, нежели в контрольном варианте.

По степени уменьшения средних значений длины корней семян можно расположить в следующем порядке: Алоэ древовидное > Контроль > Пеларгония зональная.

Таблица 3.6 – Средние значения длины корешков у проросших семян пшеницы мягкой

Вариант	Средняя длина корешков, мм	
	Средняя длина корешков, мм	± по сравнению с контролем
Контроль	28,6	–
Алоэ	43,5	+14,9

Пеларгония	5,2	-23,4
------------	-----	-------

Исходя из данных таблицы 3.6, средняя длина корней у семян пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) значительно выше при воздействии выделений листьев алоэ древовидного. Результат на 14,9 мм больше, по сравнению с контрольным вариантом, что говорит о благотворном стимулирующем влиянии на прорастание семян пшеницы мягкой.

В случае с пеларгонией зональной, выделяемые фитонциды усугубляют рост и оказывают значительное тормозящее воздействие на развитие семян. Этому свидетельствуют полученные данные, которые на 23,4 мм меньше контрольного результата (примерно в 5 раз).

По степени уменьшения средних значений длины корней семян можно расположить в следующем порядке: Алоэ древовидное > Контроль > Пеларгония зональная.

Все полученные данные по длине корней статистически обработаны и находятся в зоне значимости (результаты статистической обработки приведены в приложении 1).

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований в максимальной степени эффект угнетения отмечен при использовании экстрактов из листьев пеларгонии зональной. Средние значения длин корней проросших семян в 2 и более раза ниже, чем в контрольном варианте. Это связано с тем, что пеларгония выделяет особые летучие вещества – фитонциды, которые подавляют развитие болезнетворных организмов, а также оказывают ингибирующее воздействие в целом.

2. Тест-объекты характеризуются различной разрешающей способностью, избирательностью и стабильностью при оценке степени проявления аллелопатии. Семена гороха посевного (*Pisum sativum* L.) наиболее сильно угнетались под влиянием почти всех экстрактов. Семена фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) наиболее активно реагировали на экстракты из листьев алоэ древовидного, т.к. полученные данные превысили результаты, полученные в контрольном варианте. Как выяснилось, сок, выделяемый листьями алоэ, стимулирует ускорение роста черенков и увеличивает всхожесть семян.

3. В методическом плане важное значение имеет показатель, с помощью которого оценивается степень проявления аллелопатической активности. Всхожесть семян и их прорастание (%) является простым и доступным показателем, однако он имеет недостаточную разрешающую способность и более изменчив. Определение длины проростка (мм) более трудоемко, но представляется более стабильным параметром.

4. Результаты опытов четко свидетельствуют, что алоэ древовидное и пеларгония зональная обладают сильной аллелопатической активностью. Этот эффект не зависит от способа приготовления экстракта, но сильно зависит от концентрации и органа, из которого приготовлены растворы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов В.Д., Устименко Г.В. Мир культурных растений // Справочник. – М.: Мысль, 1994. – 381 с.
2. Батурицкая Н.В., Фенчук Т.Д. Удивительные опыты с растениями: Кн. для учащихся. – Мн.: Нар. асвета, 1991. – 208 с.
3. Биология. Большой энциклопедический словарь / под ред. М.С. Гилярова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1999. – 864 с.
4. Ботаника: в 4 т. Т. 4. Систематика высших растений: учебник для студ. высш. учеб. заведений. В 2 кн. / под ред. А.К. Тимонина. – Кн.2 / А.К. Тимонин, Д.Д. Соколов, А.Б. Шипунов. – М.: Академия, 2009. – 352с.
5. Головки Э.А. Микроорганизмы в аллелопатии высших растений. – Киев: Наукова думка, 1983. – 256 с.
6. Горох, бобы, фасоль / М.А. Вишнякова, И.И. Яньков, С.В. Булынец [и др.]. СПб.: Диамант ; Агропромиздат, 2001. – 221 с.
7. Гродзинский А. М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. – Киев: Наукова Думка, 1965. – 200 с.
8. Гродзинский А.М. Парадигмы в аллелопатии // Методологические проблемы аллелопатии: сб. науч. тр./АНУССР. ЦРБС. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 3-14.
9. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. – Киев: Наукова думка, 1973. – 591 с.
10. Грюммер Г. Взаимное влияние высших растений – аллелопатия. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. – 261 с.
11. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. – Киев: Наукова думка, 1989. – 304 с.
12. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. – М.: Наука, 1973. – 295 с.

13. Кондратьев М.Н., Карпова Г.А., Ларикова Ю.С. Взаимосвязи и взаимоотношения в растительных сообществах: учебное пособие. – М.: Изд. РГАУ-МСХА, 2014. – 300 с.
14. Кондыков И.В. Современные европейские сорта гороха – урожайность и содержание белка // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 5 (11). – С. 17-20.
15. Косолап Н.П. Аллелопатия – причина многих последствий // Зерно. – 2008. – № 9. – С. 46–51.
16. Лихачев Б.С. Определение силы начального роста семян зерновых культур по морфофизиологической оценке проростков: Методические указания. – Л.: Изд. ВИР, 1975. – 16 с.
17. Марьюшкина В.Я. Некоторые методологические аспекты аллелопатических исследований // Аллелопатия и продуктивность растений. Сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1990. – С. 133-138.
18. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. – Самара: Самарское кн. изд-во, 1994. – 206 с.
19. Наумов Г.Ф. Аллелопатические свойства выделений прорастающих семян полевых культур и их сельскохозяйственное значение // Аллелопатия и продуктивность растений. – Харьков, 1988. – С. 5-12.
20. Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
21. Одум Ю. Экология. – М.: Мир, 1986. – 328 с.
22. Парахин Н.В., Петрова С.Н., Кузмичева Ю.В. Реализация средообразующего потенциала зернобобовых культур для повышения устойчивости производства зерна // Зерновое хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 64–68.
23. Проворов Н.А., Куликова О.А. Генетические основы селекции бобовых на повышение симбиотической активности // Генетика

симбиотической азотфиксации с основами селекции / под ред. И.А. Тихоновича, Н.А. Проворова. – СПб: Наука, 1998. – 194 с.

24. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 296 с.

25. Райс Э. Аллелопатия / перевод с англ. под ред. А.М. Гродзинского. – М.: Изд-во Мир, 1978. – 392 с.

26. Растениеводство: учеб. пособие / под ред. Г.С. Посыпанова. – М.: Колосс, 2006. – 612 с.

27. Стаценко А.П. Способ оценки почвоутомления / Пат. РФ № 2181238. – 2002. – 4 с.

28. Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. Изд. 3-е, испр. и доп. – 5 Изд-во Ленингр. университета, 1980. – 280 с.

29. Туликов А.М. Сорные растения и борьба с ними. – М.: Московский рабочий, 1982. – 156 с.

30. Фадеева Е.Ф., Груздева Н.А. Аллелопатические взаимодействия культурных и сорных растений в агрофитоценозах // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: материалы Всерос. конф. (г. Петрозаводск, 22-27 сентября 2008 г.). – Ч. 5: Геоботаника, 2008. – С. 317-320.

31. Чернобривенко С.И. Биологическая роль растительных выделений и межвидовые взаимоотношения в смешанных посевах. – М.: Советская наука, 1956. – 89 с.

32. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология // Учеб. пособие для студентов биол. спец. пед. институтов. – М.: Просвещение, 1988. – 337 с.

33. Чистик О.В. Экология // Учебное пособие. – Минск: Новое знание, 2000. – 248 с.

34. Cheng F. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – № 6. – 1020 p.

35. Einhellig, F.A. Interactions among allelochemicals and other stress factors of the plant environment // *Allelochemicals: Role in agriculture and forestry*. American Chemical Society. – 1987. – P. 343-357.
36. Gniazdowska A. Allelopathic interactions between plants. Multi site action of allelochemicals // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2005. – № 27. – P. 395-407.
37. Macias F.A. Potential allelopathic sesquiterpenes lactones from sunflower leaves / A. Torres, J.M.G. Molinillo, R.M. Varela, D. Castellano // *Phytochemistry*. – 1996. – № 43. – P. 1205-1215.
38. Биология. Фитонциды растений. URL: <http://biofile.ru/bio/767.html> (дата обращения: 26.11.2017).
39. Ботаническая и морфологическая характеристика фасоли. URL: http://sad-dacha-ogorod.com/fasol/Botanicheskaja_i_morfologicheskaja_harakteristika_fasoli (дата обращения: 12.02.2018)
40. Аллелопатия как средство защиты культурных растений. URL: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/allelopatija-kak-sredstvo-zaschity-kulturnyh-rastenii.html> (дата обращения: 06.10.2017)